

57. ročník Fyzikálnej olympiády

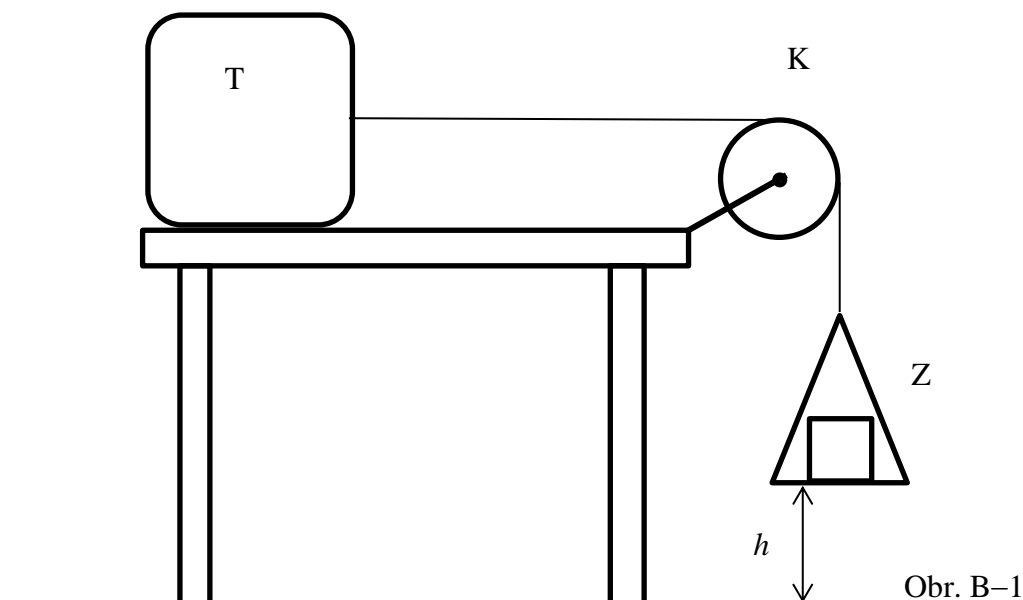
v školskom roku 2015/2016

Kategória B – krajské kolo

Text úloh

1. Mechanická sústava

Učiteľ fyziky pripravil na výučbu pohybových zákonov demonštračnú súpravu podľa obr. B–1. Na vodorovnej doske stola sa nachádza teleso T s hmotnosťou M , ktoré je tenkým vláknom cez valcovú kladku K s polomerom r , hmotnosťou m_k a momentom zotrvačnosti vzhľadom na jej rotačnú os J spojené s miskou Z so závažím s celkovou hmotnosťou m . Úsek vlákna nad stolom je vodorovný, vlákno je vedené po obvodu kladky.



Obr. B–1

Na začiatku bola miska vo výške h nad podlahou. Po uvoľnení misky so závažím sa začala sústava pohybovať. Miska klesla na podlahu za čas t .

- Prekreslite obrázok zostavy a označte v ňom všetky sily pôsobiace na jednotlivé pohyblivé časti sústavy. Jednotlivé sily bližšie definujte.
- Napíšte pohybové rovnice pre teleso T, misku so závažím Z a kladku K. Určte faktor kĺzavého trenia f medzi doskou stola a telesom T.
- Určte veľkosť F_r sily \mathbf{F}_r , ktorá pôsobí na kladku v jej osi počas pohybu sústavy, a uhol φ , ktorý táto sila zvierá so zvislým smerom nahor.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: $M = 500$ g, $m = 260$ g, $m_k = 100$ g, $r = 50,0$ mm, $J = 1,50 \times 10^{-4}$ kg·m², $h = 60,0$ cm, $t = 1,25$ s, $g = 9,81$ m·s⁻².

Vlákno je dostatočne pevné, ohybné, neroztiahnuteľné a s malou hmotnosťou. Vlákno pri pohybe sústavy po kladke neprekážava.

2. *Kmity na rozhraní kvapalín*

Vo valcovej nádobe sa nachádzajú dve kvapaliny s hustotami $\rho_1, \rho_2 > \rho_1$, ktoré sa navzájom nemiešajú (voda a olej) a majú rovinné rozhranie. Do nádoby vložíme valček s výškou h tak, aby jeho rotačná os bola zvislá. Pri pomalom vložení, aby kvapaliny zostali oddelené, zostane valček plávať tak, že jeho rotačná os má zvislý smer, horná podstava je pod hladinou vrchnej kvapaliny a do spodnej kvapaliny je ponorený časťou p svojej výšky.

- Nakreslite ilustračný obrázok. Ktorá kvapalina bude v spodnej časti a ktorá v hornej časti nádoby? Rozdelenie kvapalín fyzikálne zdvovodnite.
- Určte hustotu ρ valčeka pre prípad, v ktorom v spodnej časti nádoby je kvapalina s väčšou hustotou.
- Ak v prípade b) udelíme valčeku impulz v zvislom smere, začne vykonávať zvislé kmity okolo rovnovážnej polohy. Napíšte pohybovú rovnicu pre tento pohyb. Predpokladajte, že horná podstava valčeka zostáva trvale v hornej kvapaline a jeho dolná podstava v dolnej kvapaline a nedotkne sa dna. Určte frekvenciu f týchto kmitov.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: $\rho_1 = 700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\rho_2 = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $h = 12,0 \text{ cm}$, $p = 0,80$, $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Obsah povrchu hladiny kvapaliny je podstatne väčší ako obsah prierezu valčeka. Odpor kvapalín pri kmitoch valčeka neuvažujte.

3. *Zohrievanie plynu*

V nádobe je uzatvorený plyn, ktorý považujeme za ideálny. V začiatočnom stave 1 bol objem plynu V_1 , tlak p_1 a termodynamická teplota T_1 . S plynom uskutočníme prechod do nového stavu 2 s tlakom $p_2 = a p_1$ a objemom $V_2 = b V_1$.

- Určte termodynamickú teplotu T_2 v stave 2 a vyjadrite ju ako násobok teploty T_1 .
Zo stavu 1 do stavu 2 plyn prejde dvomi rôznymi dejmi. Prvý (A) predstavuje izochorický prechod zo stavu 1 do stavu 3 a potom izobarický prechod zo stavu 3 do stavu 2. Druhý (B) je priamy prechod zo stavu 1 do stavu 2, pri ktorom sa mení tlak plynu lineárne s objemom.
- Nakreslite p - V diagram a znázornite v ňom obidve cesty A a B.
- Určte teplo Q_A , ktoré treba plynu dodať pri prechode plynu zo stavu 1 do stavu 2 dejom A.
- Určte teplo Q_B , ktoré treba plynu dodať pri prechode plynu zo stavu 1 do stavu 2 dejom B.
- Určte prácu W , ktorú vykoná plyn počas cyklu 1–3–2–1, a účinnosť η tohto cyklu.

Úlohu riešte najprv všeobecne a potom pre hodnoty: $a = 1,20$; $b = 1,50$; $p_1 = 200 \text{ kPa}$, $V_1 = 5,00 \text{ dm}^3$, $T_1 = 300 \text{ K}$.

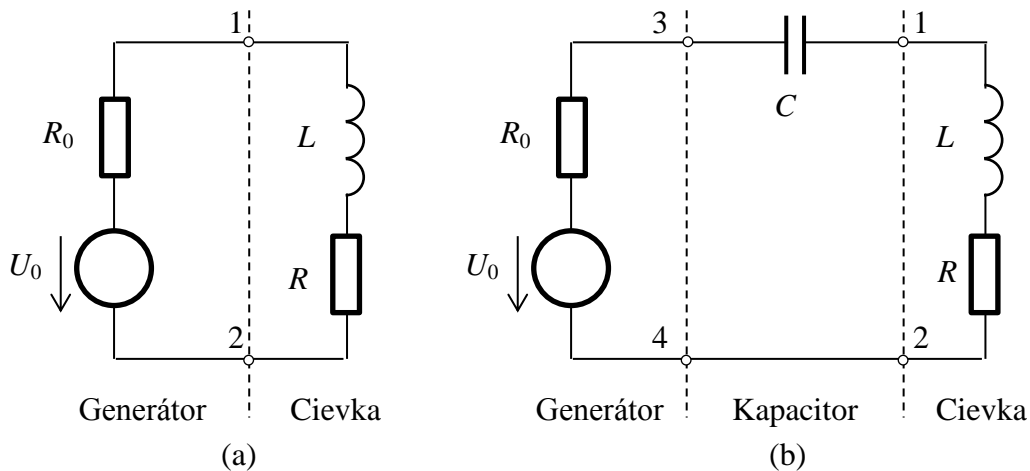
Tepelná kapacita ideálneho plynu pri konštantnom objeme $C_V = (s/2) n R$, pre plyn dvojatómových molekúl $s = 5$.

4. Prúd cievky

Na vytvorenie silného magnetického poľa je použitá cievka s indukčnosťou L a odporom R . Ako zdroj pre cievku je k dispozícii generátor striedavého napätia s frekvenciou f , vnútorným odporom R_0 a efektívnou hodnotou vnútorného napätia U_0 .

- Cievku pripojíme ku generátoru podľa obr. B-2 (a). Určte efektívnu hodnotu prúdu I_1 cievky a činný príkon P_1 cievky. Určte fázový rozdiel φ_1 napätia a prúdu medzi svorkami 1-2 generátora.
- Jednou z možností ako zvýšiť prúd cievky je zaradenie kapacitora do obvodu podľa obr. B-2 (b). Určte efektívnu hodnotu I_2 prúdu cievky pre kapacitor s kapacitou C_1 .
- Určte kapacitu C_2 kapacitora, pre ktorú má efektívna hodnota I prúdu cievky maximálnu hodnotu I_m . Určte hodnotu I_m a činný príkon P_m cievky v tomto prípade. Určte pomer $p = I_m / I_1$ a zhodnoťte vhodnosť tohto spôsobu zosilnenia magnetického poľa cievky.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty veličín: $f = 1\,200$ Hz, $L = 125$ mH, $R = 36,0$ Ω , $U_0 = 24,0$ V, $R_0 = 50,0$ Ω , $C_1 = 500$ nF.



Obr. B-2